

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-358618  
(P2002-358618A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I     | テーマコード* (参考) |
|---------------------------|-------|---------|--------------|
| G 1 1 B                   | 5/667 | G 1 1 B | 5 D 0 0 6    |
|                           | 5/738 |         | 5 D 1 1 2    |
|                           | 5/851 |         |              |

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2001-400592 (P2001-400592)  
(22) 出願日 平成13年12月28日 (2001. 12. 28)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-402774 (P2000-402774)  
(32) 優先日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002004  
昭和電工株式会社  
東京都港区芝大門 1 丁目13番 9 号  
(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号  
(72) 発明者 清水 謙治  
千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外 6 名)

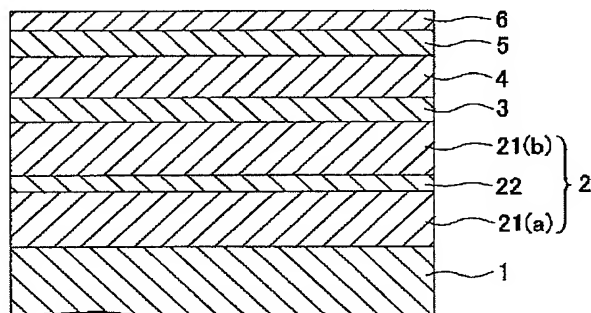
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 スパイクノイズを防止して、エラーレートを向上させた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 少なくとも非磁性基板 1 と、軟磁性下地膜 2 と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜 3 と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜 4 とを備え、前記軟磁性下地膜 2 が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) と、該軟磁性層の間に挟まれた 1 層以上の分離層 2 2 とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層 2 1 (a)、2 1 (b) のうち 1 層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体およびその製造方法、並びに磁気記録再生装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 分離層がRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる1種又は2種以上の元素を50at%以上含むことを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 分離層が、該分離層を挟む上下の軟磁性層とは異なる軟磁性材料からなることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度Bs(T)と、該軟磁性層の膜厚t(nm)の積Bs・t(T・nm)が、3(T・nm)以上であることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 軟磁性層の飽和磁束密度が、0.4T以上であることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 軟磁性下地膜の膜厚が、40nm以上であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 分離層の膜厚が、0.1nm以上5nm以下であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 分離層を挟んだ上下の軟磁性層の組のうち、上下軟磁性層の有する磁化の向きが異なっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 分離層を挟んだ上下の軟磁性層の磁化の向きが反平行になっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする請求項9に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであることを特徴とする請求項10に記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 非磁性基板と軟磁性下地膜の間に硬磁性層が設けられており、該硬磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであり、軟磁性下地膜の最下層に設けられた軟磁性層と交換結合していることを特徴とする請求項1ないし11のいずれ

か1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 軟磁性下地膜の最下層が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種の軟磁性材料からなることを特徴とする請求項1ないし12のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 軟磁性下地膜の最上層が、前記軟磁性層であることを特徴とする請求項1ないし13のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されていることを特徴とする請求項1ないし14のいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項16】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上に形成される膜の配向性を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法であって、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項17】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする請求項16に記載の磁気記録媒体。

【請求項18】 軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかであることを特徴とする請求項16または17に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項19】 軟磁性下地膜を形成した後、該軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする請求項16ないし18のいずれか1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項20】 少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項21】 非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする請求項20に記載の

磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜を有する磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在市販されている磁気記録媒体は、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し水平に配向した面内磁気記録媒体がほとんどである。面内磁気記録媒体において、高記録密度化を実現するには、磁性粒子を小粒径化しノイズ低減を図ることが必要となるが、磁性粒子の粒径を小さくすると、この粒子の体積が小さくなるため、熱揺らぎに起因する再生特性の悪化が生じやすくなる。また記録密度を高めた際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加することがある。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した場合でもビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能である。さらに、垂直磁気記録媒体は、比較的磁性粒子の体積が大きくても高記録密度化が可能であるため熱揺らぎ耐性を高めることができることから、近年大きな注目を集めている。例えば、特開昭60-214417号公報には、Co合金からなる垂直磁性膜の下地膜の材料としてGe、Siを用いた垂直磁気記録媒体が開示されている。

【0003】特に、軟磁性下地膜が設けられた垂直2層媒体は、単磁極ヘッドと組み合わせることにより、効率の良い記録再生ができる。しかし、この2層媒体を用いる場合、軟磁性下地膜の磁壁からスパイク状ノイズが観察され、エラーレートを悪化させる。このような問題点を解決するために、特開平7-129946号公報には、基板と軟磁性下地膜との間に硬磁性下地膜を設けることによりスパイク状ノイズを低減する方法が開示されている。また、特願平10-214719号公報には、軟磁性下地膜としてMn系反強磁性材料を用いることにより、上記スパイク状ノイズを低減する方法が開示されている。あるいはまた、特開平11-149628号公報には、磁壁を形成しない非磁壁構造を有する裏打ち層を形成することにより上記スパイクノイズの発生を抑える方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平7-129946号公報に記載の方法では、硬磁性下地膜が100nm以上必要とされており、このような厚さの膜を形成するためには成膜時間が極めて長くなるため生産性において実用的ではない。また、硬磁性下地膜に起因するノイズを磁気ヘッドが検知し、エラーレートが

不十分になる等の問題が生じる。また、特願平10-214719号公報に記載の方法では、上記Mn系反強磁性材料を成膜後、磁場中でのアニールが必要であり、このアニール工程が追加されることと、アニール時間が極めて長いことから量産性が悪化する等の問題が生じる。そして、特開平11-149628号公報に記載の方法では、裏打ち層の膜厚を大きくするにつれて、媒体ノイズが大きくなり、エラーレートが悪化するという問題が生じる。

【0005】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、スパイクノイズを防止して、エラーレートを向上させた磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。

【0007】このような構成とすることにより、軟磁性下地膜の面内に巨大な磁区が形成されるのを防いで、エラーレートを向上させることができる。

【0008】次に、本発明の磁気記録媒体は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記分離層がRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる1種又は2種以上の元素を50at%以上含むことを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度B<sub>s</sub>(T)と、該軟磁性層の膜厚t(nm)の積B<sub>s</sub>・t(T・nm)が、3(T・nm)以上であることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性層の飽和磁束密度が、0.4T以上であることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の膜厚が40nm以上であることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記分離層の膜厚が、0.1nm以上5nm以下であることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、分離層を挟んだ上下の軟磁性層の組のうち、上下軟磁性層の有する磁化の向きが異なっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、分離層を挟んだ上下の軟磁性層の磁化の向きが反平行になっている組が、少なくとも1組以上あることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下

地膜の最下層が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種の軟磁性材料からなることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の最上層が、前記軟磁性層であることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体は、前記軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されていることを特徴とする。

【0009】上記のような構成とすることにより、前記軟磁性下地膜を最適化することができるので、巨大な磁区10の生成を抑制することができるとともに、記録再生特性に優れる磁気記録媒体が得られる。

【0010】次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法であって、前記軟磁性膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。このような構成とすることにより、巨大な磁区の生成を防止して、スパイクノイズを抑制した磁気記録媒体を容易に製造することができる。

【0011】次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする。次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、前記軟磁性下地膜の表面を酸化させる工程を含むことを特徴とする。このような構成とすることにより、記録再生特性に優れる磁気記録媒体を容易に製造することができる。

【0012】次に、本発明の磁気記録再生装置は、少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、前記磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれる1層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなることを特徴とする。このような構成とすることにより、スパイクノイズの発生を抑えて記録再生時のエラーレート低下を防止することができるので、高密度の情報の記録再生が可能な磁気記録再生装置が得られる。

【0013】次に、本発明の磁気記録再生装置は、非磁壁構造材料が、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、

FeTaC系合金から選ばれるいずれか1種からなることを特徴とする。このような構成とすることにより、記録再生特性に優れる磁気記録再生装置とすることができる。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

(第1の実施形態)図1は、本発明の第1の実施形態である磁気記録媒体の構成を模式的に示す断面構成図である。図1に示すように、本実施の形態の磁気記録媒体は、非磁性の基板1上と、この基板1上に形成された軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と、潤滑膜6とを備えて構成されている。基板1としては、磁気記録媒体用基板として一般に用いられているNiPメッキ膜を有するアルミニウム合金基板のほか、ガラス基板(結晶化ガラス、強化ガラスなど)、セラミックス基板、カーボン基板、シリコン基板、シリコンカーバイド基板などを用いることが可能であり、あるいはこれらの基板にNiP膜をメッキあるいはスパッタ法などにより形成した基板などを用いてもよい。

【0015】軟磁性下地膜2は、情報を記録する垂直磁性膜4の磁化をより強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。この作用は特に、記録再生用の磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用いる場合により顕著なものとなる。図2に一般的な構成の単磁極ヘッドの構成図を示す。この図に示すように単磁極ヘッド10は、磁極11と、コイル12とから概略構成されている。磁極11は、側面視略コ字状を成して構成されており、細く形成されている側が記録再生部である主磁極13とされ、他方が補助磁極14とされている。そして、主磁極13は、記録時に磁気記録媒体の垂直磁性膜に印加される磁界を発生し、再生時には垂直磁性膜からの磁束を検出するようになっている。

【0016】上記の単磁極ヘッド10を用いて、図1に示す磁気記録媒体への記録時に主磁極13の先端から発生せられた磁束は、磁気記録媒体の垂直磁性膜4を基板1と垂直な方向に磁化させる。ここで図1に示す磁気記録媒体には軟磁性下地膜2が設けられているので、単磁極ヘッド10の主磁極13からの磁束は、垂直磁性膜4、軟磁性下地膜2を通じて補助磁極14へと導かれ、閉磁路を形成する。このような閉磁路が単磁極ヘッド10と磁気記録媒体との間に形成されることにより、磁束の出入りの効率が増して、高密度の記録再生が可能になる。尚、軟磁性膜2と補助磁極14との間の磁束は、主磁極13と軟磁性膜2との間の磁束とは逆向きになるが、補助磁極14の面積は主磁極13に比べて十分に広いので、補助磁極14からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極14からの磁束により垂直磁性膜4の磁化が影響を受けることはない。

【0017】本実施形態の軟磁性下地膜2は、図1に示

すように軟磁性材料からなる2層の軟磁性層21

(a)、21(b)と、これら軟磁性層21(a)、21(b)に挟まれた分離層22とから構成される多層構造をなしており、軟磁性層21(a)は、非磁壁構造材料からなる層である。尚、本実施形態では軟磁性層21(a)のみを非磁壁構造材料からなる層としたが、軟磁性層21(b)のみ、あるいは軟磁性層21(a)、21(b)の両方を非磁壁構造材料からなる層とした構成も適用可能であることはもちろんである。非磁壁構造材料としては、FeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaC、FeC、FeAlSi系合金、FeTa<sub>2</sub>N系合金、FeTaC系合金、またはこれらの合金を主成分としたものを挙げることができる。例えば、上記の合金にCo、Ni、Ru、Si、N、O、B、C、Hfを10at%以下(好ましくは7at%以下、さらに好ましくは5at%以下)添加した材料を用いることができる。

【0018】上記軟磁性層21(b)を構成する材料としては、Feを60原子%以上含有するFe合金を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaCなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、などを挙げることができる。また、上記軟磁性層21(b)には、FeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrNなどの微細結晶、あるいは微細な結晶粒がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する膜を用いることができる。軟磁性層21(b)には、上記のほかCoを80原子%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種以上を含有するCo合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性層21は、アモルファス構造のものも挙げることができる。

【0019】軟磁性層21(a)、21(b)は、その飽和磁束密度が0.4T以上の範囲であることが好ましい。これは、飽和磁束密度が0.4Tより小さい場合には再生波形の制御効果を十分に得られないためである。また、軟磁性下地膜2の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には200(Oe)(15.8×10<sup>3</sup>A/m)より小さくすればよく、50(Oe)以下とされることが好ましい。軟磁性層21

(a)、21(b)の一層あたりの膜厚は、この軟磁性層21(a)、21(b)を構成する材料の飽和磁束密度によって最適な厚さとされる。具体的には、軟磁性層

21(a)、21(b)を構成する材料の飽和磁束密度Bs(T)と、その膜厚t(nm)の積であるBs・t(T・nm)が、3(T・nm)以上の範囲(好ましくは10(T・nm)以上130(T・nm)以下、より好ましくは15(T・nm)以上100(T・nm)以下)とすることが好ましい。すなわち、Bs・tを40(T・nm)とするならば、飽和磁束密度が1(T)の軟磁性材料を用いる場合には、軟磁性層21の一層あたりの膜厚は40(nm)とすればよい。軟磁性層21(a)、21(b)の膜厚を上記範囲の上限を超えて厚くすると、軟磁性層21(a)、21(b)の内部の反磁界が大きくなり、特に基板外端部または内端部に磁区を形成するため好ましくない。また、上記範囲の下限を超えて薄くすると裏打ち層として機能しなくなり、磁気ヘッドとの間の磁束の出入りの効率が低下して垂直磁性膜4への記録が不十分になる可能性がある。

【0020】分離層22は、この分離層22を挟んで積層された軟磁性層21(a)、21(b)が協働して巨大な磁区を形成するのを防止するために設けられている。分離層22に用いることができる材料としては、軟磁性層21(a)、(b)とともに反強磁性結合構造を形成することができる材料を用いることができる。具体的な材料としては、Ru、Rh、Re、Ir、Cuなどを挙げることができる。また、分離層22には、上記のほか、軟磁性層21(a)、21(b)を構成する材料とは異なる軟磁性材料を用いることが可能であり、このような構成とした場合も、軟磁性層21(a)、21(b)が巨大な磁区を形成するのを防ぐことができる。具体的には、上記に挙げた軟磁性層21(a)、21(b)に用いることができる材料ならば全て適用することが可能であり、軟磁性層21(a)、21(b)に用いられる材料によって適宜最適なものを用いればよい。例えば、軟磁性層21(a)としてFeAlSiを用い、軟磁性層(b)としてFeBを用いるならば、分離層22はCoZrNbNを用いて構成すればよい。

【0021】分離層22の膜厚は、分離層22を構成する材料によって適宜最適な膜厚とすればよいが、0.1nm以上5nm以下(より望ましくは0.1nm以上2nm以下)の範囲とすることが好ましい。膜厚がこの範囲を超えると、軟磁性層21(a)、21(b)が巨大な磁区を形成して記録再生時にスパイクノイズが発生する、また、分解能が低下して高密度記録が困難になるといった問題がある。特に、分離層22として上記反強磁性結合構造を形成する材料を用いる場合には、その材料によって最適な膜厚が限定される。例えば、分離層22としてRuを用いる場合には、その膜厚は0.4nmまたは0.8nmとされる。これは、Ruのような反強磁性材料が、それぞれの材料に固有の膜厚のときの反強磁性結合構造を形成するためであり、それ以外の膜厚では反強磁性結合構造を形成しないか、あるいは十分な効

果が得られないためである。

【0022】また、上記軟磁性下地膜2と基板1との間には、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる硬磁性膜を設けることもできる。このような構成とするならば、軟磁性下地膜2が積層構造となっており、反強磁性結合構造を有する構成となっているので、より効果的に軟磁性下地膜2における巨大な磁区の生成を抑えることができる。これにより磁壁によるスパイクノイズの発生を防止して、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができるので、高密度記録が可能な磁気記録媒体とすることができる。上記硬磁性膜に用いる材料としては、遷移金属と希土類元素の合金からなる磁性材料を用いることが好ましく、具体的には、特に限定されるものではないが、CoSm系合金やCoCr系合金などを挙げることができる。また、この硬磁性膜は、軟磁性下地膜2を構成する軟磁性層21が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、軟磁性下地膜2を構成する最下層と上記硬磁性材料が強く交換結合しており、基板中心から放射状に磁化されていることが好ましい。軟磁性下地膜2を構成する最下層と上記硬磁性膜が強く交換結合しており、基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかに磁化されていることが好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

【0023】配向制御膜3は、後述する垂直磁性膜4の配向性や粒径を制御するために設けられており、hcp構造材料やfcc材料、あるいはB2構造とhcp構造材料やfcc構造材料の積層構造、アモルファス構造の材料を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、B2構造のものとしてNiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCoなどを挙げることができる。また、hcp構造のものとして、Ti、Zr、Y、Zn、Ru、Re、Hfなどを挙げることができる。また、fcc構造材料のものとして、Ni、Pd、Pt、Al、Cu、Ag、Irなどを挙げることができる。あるいは、上記の材料に、その構造が変化しない程度に他の元素(Cr、Mo、Si、Mn、W、Nb、Ti、Zr、B、C、N、Oからなる群から選ばれる1種または2種以上の元素)を添加してもよい。また、アモルファス構造のものとしては、C、Si、Co等や、これらの合金を挙げることができる。

【0024】本発明の磁気記録媒体は、軟磁性下地膜2と、垂直磁性膜4との間に上記配向制御膜3を設けることにより、垂直磁性膜4を構成する結晶粒の微細化と、その垂直配向性の向上を実現している。その結果、本発明の磁気記録媒体は、ノイズ特性に優れ、かつ高出力である高密度記録に適した特性を有するものとなっている。配向制御膜3の膜厚は、厚すぎると分解能が低下するので、50nm以下(より好ましくは30nm以下)であるのが好ましい。膜厚が上記範囲を超えると、記録

再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下し、記録再生特性が劣化するため好ましくない。また、膜厚を薄くする場合には、上記の材料がその構造を保持できる範囲であれば特に限定されないが、実用的には1nm以上とすることが好ましい。

【0025】垂直磁性膜4には、Co合金を用いることが好ましい。例えば、CoCrPt合金やCoPt合金、あるいはこれらの合金にTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、V、Ni、Mn、Ge、Si、B、O、Nなどから選ばれる少なくとも1種または2種以上の元素を添加した合金を用いることができる。また、垂直磁性膜4はCo単体あるいはCo合金と、PtまたはPdとの積層構造とすることができる。このCo合金には、上記のCoCrPt系合金やCoPt系合金などを用いることができる。特に、垂直磁気異方性を高めるために、Pt含有量8~24at%のCoCrPt系合金を用いるのが好ましい。上記に挙げたCo合金や、積層構造型の垂直磁性膜はいずれも多結晶膜を構成するが、本発明の磁気記録媒体は、非晶質構造の垂直磁性膜を適用することもできる。具体的には、特に限定されるものではないが、TbFeCo系合金などの希土類元素を含む合金を用いることができる。

【0026】垂直磁性膜4を上記の遷移金属(Co、Co合金)と貴金属元素(Pt、Pdなど)の多層構造とする場合には、貴金属元素からなる層は0.4nm以上、1.4nm以下の範囲とされることが好ましい。これは、層厚が0.4nmより小さくなると、保磁力(Hc)や逆磁区核生成磁界(Hn)が低下するとともにその層厚の制御が困難になるためであり、1.4nmよりも大きくなると、ノイズ特性が悪化するためである。一方、遷移金属からなる層の厚さも貴金属元素からなる層と同様であり、その厚さは、好ましくは0.1nm以上0.6nm以下の範囲であり、より好ましくは0.1nm以上0.4nm以下の範囲である。これらの遷移金属層と貴金属層は、垂直磁性膜4においてどちらを最上層としてもかまわないが、最下層には貴金属層を配することが好ましい。尚、垂直磁性膜4の膜厚は、目的とする再生出力によって適宜最適化すればよいが、上記Co合金を用いる場合と、多層構造の磁性膜を用いる場合のいずれにおいても、厚すぎるとノイズ特性が悪化する、分解能が低下する等の問題があるので、実用上は3nm~100nm程度であることが好ましい。

【0027】上記配向制御膜3と、垂直磁性膜4の間には非磁性の元素からなる非磁性中間膜を設けることができる。このような構成とするならば、垂直磁性膜4の配向性を向上させて保磁力を向上させることができる。この非磁性中間膜には、特に限定されるものではないが、非磁性のCoCr合金や、CoCr合金にTa、Zr、Nb、Pt、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、G



e、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素を添加した合金を用いることができる。あるいは、CoとTa、Zr、Nb、Pt、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素とを合金化して非磁性合金としたものを用いることもできる。この非磁性中間膜の膜厚は、厚すぎると垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなることにより分解能が低下し、ノイズ特性が悪化するので20nm以下とすることが好ましく、10nm以下とすることがより好ましい。

【0028】保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのもので、従来公知の材料を使用することが可能であり、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>の単一組成、またはこれらを主成分とし他元素を含むものが使用可能である。この保護膜4の厚さは、1nm以上10nm以下の範囲とされることが望ましい。また、潤滑膜6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜や潤滑剤の特性に応じて適宜最適な厚さに調整することが好ましい。

【0029】以上の構成の本実施形態の磁気記録媒体の特徴的な点は、軟磁性下地膜2が図1に示す多層構造を成しており、この軟磁性下地膜2に含まれる軟磁性層21(a)が非磁壁構造材料から構成されている点である。このような構造とすることにより、軟磁性下地膜2を構成する軟磁性層21(a)が非磁壁構造となり、その結果、軟磁性層21(b)の内部の基板面内方向に巨大な磁区が形成されるのを防ぐことができる。従って、磁壁から発生するスパイクノイズが発生するのを防ぐことができるので、記録再生時のエラーレートを十分に低くすることができる。この作用について、図3を用いて以下に説明する。図3(A)は分離層として反強磁性結合構造を形成する材料を用いた場合、図3(B)は分離層として軟磁性材料を用いた場合を示す部分断面構成図である。

【0030】まず、分離層22aとして反強磁性結合構造を形成する材料を用いる場合を考える。図3(A)の部分断面構成図に示すように、分離層22aの下側(基板1側)に配された非磁壁構造材料からなる軟磁性層21aは非磁壁構造となり、その軟磁性層21aと、上側(垂直磁性膜側)に配された軟磁性層21bの磁化の方向は、それぞれ分離層22aを挟んで互いに面内で逆向きになるように形成される。これにより、軟磁性層21aと軟磁性層21bの磁化方向は、互いに逆向きになるように固定されるので、巨大な磁区の発生を防ぐことができる。さらに、本実施形態の磁気記録媒体では、さらに非磁壁構造材料からなる層(軟磁性層21a)が設けられているので、磁区の発生をより効果的に抑制するこ

とができる。特に、基板外端部および内端部など磁区の磁気エネルギーが不安定な箇所での磁区の発生を抑えるのに効果が大きい。また、軟磁性層21bと軟磁性層21aの磁化が互いに逆向きであることにより、軟磁性層21a、21bの磁化が相殺されて磁気ヘッドにはこれら軟磁性層21a、21bの磁化が検出されない。すなわち、軟磁性層21a、21bの磁化を起因とするノイズが磁気ヘッドに検出されないで、磁気記録媒体の記録再生特性が向上する。特に、軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

【0031】次に、分離層22bとして軟磁性層材料を用いる場合を考える。図3(B)の部分断面構成図に示すように、分離層22bの下側(基板1側)に配された非磁壁構造材料からなる軟磁性層21cは非磁壁構造となり、その軟磁性層21cと、上側(垂直磁性膜4側)に配された軟磁性層21dの磁化方向は、上記分離層として反強磁性材料を用いる場合のように互いに逆向きに固定されない。しかしながら、分離層22bと、軟磁性層21c、21dは、異なる材料によって構成されているため、軟磁性層21cと軟磁性層21dとの間の磁気的な相互作用が分離層22bによって分断される。これにより、軟磁性層21cと軟磁性層21dとが協働して巨大な磁区を形成するのを防ぐことができるので、この磁区の境界の磁壁によるスパイクノイズの発生を防ぐことができる。特に、分離層22bとして磁区を形成しないFeAlSi、FeTa<sub>2</sub>N、FeTaCなどの材料を用いるならば、より効果的に軟磁性層21c、21dでの磁区の形成を抑えることが可能である。

【0032】また、図3(A)に示す反強磁性結合構造を成して構成された軟磁性下地膜においては、図3(A)に示す軟磁性層21a、21bの膜厚は、必ずしも同じ厚さとする必要はない。すなわち、図示下側(基板1側)の軟磁性層21aの膜厚を図示上側(配向制御膜3側)の軟磁性層21bの膜厚よりも薄く(または厚く)形成することができる。例えば、軟磁性層21aと軟磁性層21bに同じ材料を用いる場合には、軟磁性層21aは軟磁性層21bよりも薄く形成することが好ましい。これは、分離層22aを挟んで対向する2つの軟磁性層21a、21bにおいて、反強磁性結合構造を構成する分離層22aからの深さがこれらの軟磁性層21a、21bによって異なるためである。具体的には、軟磁性層21b中に形成される反強磁性結合構造の分離層22aからの深さは、分離層22a上に配された軟磁性層22b中に形成される反強磁性結合構造の分離層22aからの深さよりも浅くなる。上記構成では、基板1側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層(軟磁性層21a、21c)を設けたが、配向制御膜3側に非磁壁構造材料

からなる軟磁性層を設けても同様の効果を得ることができる。

【0033】上記軟磁性下地膜2の最表面(配向制御膜3側の面)は、上記軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的、あるいは完全に酸化されて構成されていることが好ましい。つまり、軟磁性下地膜2の表面(図1中、配向制御膜3側の面)およびその近傍に、軟磁性下地膜2を構成する材料(例えばFeTaCや、CoZrなど)が部分的に酸化されるか、若しくは前記材料の酸化物を形成して配されていることが好ましい。このような構成とするならば、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化して記録再生特性の改善効果を得ることができる。また、軟磁性下地膜2の最上層が軟磁性材料から構成される層である場合には、この軟磁性材料の表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この揺らぎに起因するノイズを低減して磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【0034】この軟磁性下地膜2表面の酸化された部分は、例えば軟磁性下地膜2を形成した後、酸素を含む雰囲気中に曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセスガス中に酸素を導入する方法により形成することができる。具体的には、軟磁性下地膜2の表面を酸素に曝す場合には、酸素単体、あるいは酸素をアルゴンなどの希ガスで希釈したガス雰囲気中に1秒〜20秒程度保持しておけばよい。特に酸素をアルゴン等の希ガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調整が容易になるので、安定した製造を行うことができる。また、軟磁性下地膜2の成膜用のプロセスガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜時間の一部のみに酸素を導入したプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%〜10%程度混合したガスが好適に用いられる。

【0035】(第2の実施形態)上記では、2層の軟磁性層21と、1層の分離層22とからなる軟磁性下地膜2について説明したが、軟磁性下地膜2は、n層(nは3以上)の軟磁性層21とそのうち1層以上が非磁壁構造材料からなるものとし、これら複数の軟磁性層21に挟まれるように配された(n-1)層の分離層22とからなる構成とすることもできる。このような構成を図4および図5を参照して以下に詳細に説明する。図4は、本発明の第2の実施形態である磁気記録媒体の部分断面構造の一例を模式的に示す図である。この図に示す磁気記録媒体が、図1に示す第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる点は、軟磁性膜2が3層の軟磁性層21と、これら軟磁性層21に挟まれた2層の分離層22とから構成されている点である。尚、図4に示す構成要素のうち、図1に示す構成要素と同一のものには、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0036】図4に示すように、本実施形態の磁気記録媒体においては、基板1側から軟磁性層21、分離層22、軟磁性層21a、分離層22、軟磁性層21が順次積層されて軟磁性下地膜2が形成されている。この軟磁性下地膜2の少なくとも1つ以上は非磁壁構造材料からなるものである。このような構成とすることにより、例えば分離層22を先述の反強磁性材料からなる層とするならば、図4に示すように分離層22を挟んで対向する軟磁性層21、21aの磁化方向を基板1の面内において互いに逆向きとすることができる。従って、分離層22を挟んで配された2つの軟磁性層21、21aの磁化が互いに相殺されて軟磁性層21、21aに起因する媒体ノイズを低減することができる。特に、軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。

【0037】また、分離層22は、上記第1の実施形態と同様に軟磁性材料を用いて構成することができる。この分離層22に用いることができる軟磁性材料は先述の通りであり、軟磁性層21と異なる材料であれば問題なく使用することができる。図4に示す場合も、軟磁性下地膜2が非磁壁構造材料からなる軟磁性層を含んでいるので、上記同様に分離層22を挟んで対向する軟磁性層21、21aが協働して巨大な磁区を形成するのをより効果的に防ぐことができる。これにより、記録再生時のスパイクノイズによるエラーレートの低下を防止することができる。

【0038】さらに、軟磁性下地膜2は、図5の部分断面構成図に示すように、複数の軟磁性層21と、これら軟磁性層21に挟まれて形成された分離層22とが積層された構造とすることもできる。そして、この場合も上記軟磁性層21のうち1つ以上は非磁壁構造材料からなるものである。このような構造とするならば、分離層22によって形成される反強磁性結合構造による軟磁性層21内の磁化を、より強固に基板面内方向に向けることができる。これは、図5に示す軟磁性膜2は、図4に示す構成の軟磁性膜2よりも軟磁性層21を薄く形成することができるので、分離層22によって反強磁性結合構造を形成する軟磁性層21の厚さも薄くなる。これにより分離層22による軟磁性層21の磁化を固定する効果が、分離層22からの距離が離れることにより薄れることがないためである。また、図5に示す形態の磁気記録媒体においても分離層22を挟んで対向する軟磁性層21の磁化が相殺されることによる媒体ノイズ低減効果が得られることはもちろんである。特に、軟磁性層の磁化方向が基板半径方向の外周向きあるいは中心向きのいずれかである好ましい。このようにすることにより、ヘッド走行方向の透磁率が向上するので、記録再生特性を改善することができる。



【0039】また、図4および図5に示す構成の軟磁性下地膜2においても、軟磁性層21の膜厚は上記第1の実施形態と同様に、軟磁性層21を構成する材料の飽和磁束密度 $B_s$  (T)と、軟磁性層21の膜厚 $t$  (nm)の積 $B_s \cdot t$  (T・nm)が、3 (T・nm)以上の範囲とすることが好ましい。すなわち、 $B_s \cdot t$ を40 (T・nm)とするならば、飽和磁束密度が1 (T)の軟磁性材料を用いる場合には、軟磁性層21の一層あたりの膜厚は40 (nm)とすればよい。このような範囲が好ましいとする理由は先に記載の通りである。また、分離層22の膜厚も上記第1の実施形態と同様、この分離層22を構成する材料によって適宜最適な膜厚が選択される。

【0040】本実施形態の磁気記録媒体においても、図4および図5に示す軟磁性下地膜2の最上層は、軟磁性層21であっても、分離層22であっても良い。ただし、分離層22に反強磁性材料を用いる場合には、分離層22を挟んで対向する軟磁性層21の磁化の相殺による媒体ノイズ低減効果をより大きくするために、軟磁性下地膜2の最上層には軟磁性層21が配置されるように積層することが好ましい。

【0041】また、本実施形態の磁気記録媒体においても軟磁性下地膜2の最表面の一部または全面が、酸化された構成とすることができる。このような構成とするならば、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御層3の結晶粒を微細化して媒体ノイズを低減することができる。特に、軟磁性下地膜2の最表面に軟磁性層21が配されている場合には、軟磁性層表面の磁気的な揺らぎを抑えることができるので、この揺らぎに起因する媒体ノイズを低減することができる。

【0042】(第3の実施形態)次に、本発明の第3の実施形態を図面を参照して説明する。図6は、本発明の第3の実施形態である磁気記録媒体の構造を模式的に示す断面構成図である。図6に示す本発明の磁気記録媒体が上記第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる点は、垂直磁性膜4と保護膜5との間に軟磁性材料からなる磁化安定化膜7が設けられている点である。尚、図6に示す構成要素のうち、図1と同一の構成要素には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0043】磁化安定化膜7は、上記垂直磁性膜4あるいは垂直磁性膜4上に形成された分離層(後述する)上に形成された軟磁性材料からなる膜である。この磁化安定化膜7を構成する材料としては、Feを60原子%以上含有する合金を用いることができる。具体的には、特に限定されるものではないが、FeCo系合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa

系合金(FeTa、FeTaCなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金、などを挙げることができる。また、磁化安定化膜7を構成する材料としては、FeAlO、FeMgO、FeTa<sub>2</sub>N、FeZrNなどの微細結晶、あるいは微細な結晶粒がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する膜を用いることができる。あるいはまた、磁化安定化膜7には、上記のほかCoを80原子%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種以上を含有するCo合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。磁化安定化膜7としてアモルファス構造のものを挙げることができる。

【0044】この磁化安定化膜7は、その飽和磁束密度が0.4T以上であることが好ましい。これは、飽和磁束密度が0.4Tより小さい場合には、垂直磁性膜4表面の磁束の揺らぎを抑えるために過大な膜厚が必要になるためである。また、この磁化安定化膜7の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には200 (Oe) ( $15.8 \times 10^3$  A/m)より小さくすればよい。磁化安定化膜7の膜厚は、磁化安定化膜7を構成する材料の飽和磁束密度によって最適な厚さとされる。具体的には、この磁化安定化膜7を構成する材料の飽和磁束密度 $B_s$  (T)と、磁化安定化膜7の膜厚 $t$  (nm)の積である $B_s \cdot t$  (T・nm)が、0.5 (T・nm)以上、7.2 (T・nm)以下の範囲とされることが好ましく、0.5 (T・nm)以上、3.6 (T・nm)であることがより好ましい。すなわち、 $B_s \cdot t$ を2 (T・nm)とし、飽和磁束密度が1 (T)の軟磁性材料を用いる場合には、磁化安定化膜7の膜厚は2 (nm)とすればよい。また、磁化安定化膜7は保護膜5の直下に形成されるものであるため、その表面粗さ(Ra)が、ヘッド浮上量に影響する。従って、高密度記録に必要なヘッド浮上高さからその表面粗さ(Ra)は2nmより小さいことが好ましい。

【0045】また、磁化安定化膜7の表面(図示保護膜5側の面)は、その一部または全面が酸化された構成とすることができる。つまり、磁化安定化膜7の表面またはその近傍に配された磁化安定化膜7を構成する材料が、一部酸化されているか、若しくは上記材料の酸化物を形成している構成とすることができる。このような構成とするならば、磁化安定化膜7と保護膜5との界面近傍における磁化の揺らぎを低減することができるので、ノイズ特性を向上させることができる。この磁化安定化膜7表面の酸化は、上記軟磁性下地膜2と同様の手法により行うことができる。すなわち、酸素または酸素を含む雰囲気中に磁化安定化膜7の表面を曝す方法や、希ガスに酸素を添加したプロセスガスによって磁化安定化膜7の表面部を成膜する方法によって形成することができ

る。

【0046】上記のように、垂直磁性膜4と、保護膜5との間に磁化安定化膜7を設けた構成とすることにより、耐熱減磁性や再生出力を向上させることができる。これは、垂直磁性膜4の表面に存在する磁束の揺らぎをこの磁化安定化膜7が吸収することによるものである。また、この磁化安定化膜7が設けられていることにより、垂直磁性膜4の基板1法線方向の磁化と、軟磁性下地膜2および磁化安定化膜7の面内方向の磁化が、閉磁路を形成する。この作用により、垂直磁性膜4の磁化がより強固に固定されるので、耐熱減磁特性に優れた磁気記録媒体とすることができる。

【0047】また、磁化安定化膜7は、特にCVD法や、イオンビーム法によって形成されたカーボン膜を保護膜5に適用する場合に格別な効果を奏するものである。つまり、上記CVDカーボン膜やイオンビームカーボン膜を保護膜5とする場合には、通常のカーボン薄膜よりも硬度に優れたものであるので、その膜厚を薄くして垂直磁性膜4と磁気ヘッドとの距離を小さくすることができる。しかしながら、その一方でこれらの薄膜はいわゆるDLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜であり、絶縁体であるためにその表面が極めて帯電しやすくなっている。そして、この表面に滞留した電荷による磁界が垂直磁性膜4の磁化を不安定にする可能性がある。そこで、本発明の磁気記録媒体は磁化安定化膜7を備えているため、この保護膜5表面の電荷による磁界を磁化安定化膜7が遮蔽して、垂直磁性膜4の磁化を保護する役割を担う。これにより、本発明の磁気記録媒体は、極めて薄いCVDカーボン膜やイオンビームカーボン膜を保護膜に用いる場合にも耐熱減磁特性を劣化させることがなく、上記保護膜5の膜厚が5nm以下と極めて薄く、垂直磁性膜4が保護膜5表面の電荷の影響を受けやすくなっている場合に本発明に係る磁化安定化膜7は特に有効である。

【0048】尚、図6には、2層の軟磁性層21とこれらの軟磁性層に挟まれた分離層22とからなる軟磁性下地膜2を有する磁気記録媒体に上記磁化安定化膜7を適用した例を示したが、上記第2の実施形態の磁気記録媒体のように3層以上の軟磁性層21と、複数の分離層22からなる軟磁性下地膜2を備える磁気記録媒体にもこの磁化安定化膜7は適用可能であることはもちろんであり、この場合も上記と同様の優れた効果を得ることができる。

【0049】（磁気記録媒体の製造方法）上記の構成の磁気記録媒体を製造するには、図1に示す基板1上にスパッタ法などにより軟磁性下地膜2を形成し、その後必要に応じてこの軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4、保護膜5を順次スパッタ法などにより成膜する。次いで、ディップコーティング法、スピンコート法などにより潤滑膜7を形

成する。尚、上記磁気記録媒体の製造方法においては、必要に応じて基板1と軟磁性下地膜2との間に硬磁性膜を形成する工程や、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に非磁性中間膜を形成する工程や、図6に示す垂直磁性膜4と保護膜5との間に磁化安定化膜7を形成する工程や、磁化安定化膜7の表面を酸化処理する工程を含むこともできる。

【0050】上記磁気記録媒体の製造方法において、軟磁性下地膜2は、軟磁性層21の材料からなるターゲットまたは非磁壁構造材料からなるターゲットと、分離層22の材料からなるターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより成膜することができる。また、軟磁性層21を、層により異なる材料で構成する場合、例えば、基板1側の軟磁性層21をFeAlSiからなる層とし、配向制御膜3側の軟磁性層21をCoZrNbからなる層とする場合には、それぞれのターゲットとともに、間に挟まれる分離層22のターゲットを順次用いてスパッタすることにより成膜することができる。また、図4あるいは図5に示す実施形態の磁気記録媒体を製造する場合には、上記軟磁性下地膜2を形成する工程を繰り返すことにより、図4あるいは図5に示す軟磁性下地膜2を形成することができる。さらに、同様の手法により、軟磁性層21の材料が層により異なる場合も、異なる材料のターゲットを用いて順次積層することにより軟磁性下地膜2を形成することが可能である。

【0051】また、上記磁気記録媒体の製造方法において、垂直磁性膜4としてCoまたはCo合金と、PtやPdまたはこれらの合金との多層構造の磁性膜を適用する場合には、CoまたはCo合金の材料からなる第1のターゲットと、Ptおよび／またはPdからなる第2のターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより垂直磁性膜4を構成する。

【0052】また、軟磁性下地膜2や磁化安定化膜7の表面に酸化処理を施す場合には、酸素、またはアルゴンなどに酸素を混合した混合ガスの雰囲気下に所定の時間保持することにより、軟磁性下地膜2や磁化安定化膜7の表面の酸化度やこれらの表面への酸素の付着量を調整する。あるいは、上記軟磁性下地膜2（軟磁性層21または分離層22）や磁化安定化膜7の成膜後に、これらの成膜に用いられるターゲットと同等のターゲットを用いて、プロセスガスとして希ガス（アルゴンなど）に酸素を混合したガスを用いてスパッタすることにより、軟磁性下地膜2や磁化安定化膜7上に、酸素を含有する層を形成しても良い。あるいはまた、上記軟磁性下地膜2や磁化安定化膜7の成膜中に、特定の時間のみプロセスガスに酸素を混入させてもよい。具体的には、例えば軟磁性下地膜2をアルゴンによるスパッタで成膜する場合には、成膜時間の一部（例えば成膜終了前の1秒間）に

のみアルゴンに酸素を混入させてスパッタを行えばよい。

【0053】保護膜5の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタや、CVD法、イオンビーム法を用いてカーボン膜を形成する方法を用いることができる。また、 $\text{SiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ のターゲットを用いたRFスパッタ、あるいはSiやZrのターゲットを用いながらプロセスガスとして酸素を含むガスをを用いる反応性スパッタにより $\text{SiO}_2$ や $\text{ZrO}_2$ の薄膜を形成する方法などを適用することができる。本発明の磁気記録媒体の製造方法においては、保護膜5の成膜法としてCVD法やイオンビーム法を用いることが好ましい。これらの成膜法を用いるならば、極めて硬度の大きい優れた特性を有する保護膜5を構成することができるとともに、その膜厚を従来のカーボン膜よりも大幅に薄くすることが可能であるので、垂直磁性膜4と情報の記録再生に用いられる磁気ヘッドとの距離を小さくして高密度の記録再生を行うことができる。

【0054】（磁気記録再生装置）図7は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す断面構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、図1あるいは図4～6に示す構成の磁気記録媒体25と、この磁気記録媒体25を回転駆動させる媒体駆動部26と、磁気記録媒体25に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド27と、ヘッド駆動部28と、記録再生信号処理系29とを備える構成である。記録再生信号系29は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド27に送ったり、磁気ヘッド27からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0055】また、本発明の磁気記録再生装置においては、磁気記録媒体25に含まれる保護膜がCVDカーボン膜やイオンビームカーボン膜から構成されていることが好ましい。このような構成とすることにより磁気ヘッド27と磁気記録媒体25の磁性膜とのスペーシングを小さくして高密度の記録再生が可能になる。さらに、磁気記録媒体25に磁化安定化膜が設けられている構成とするならば、耐熱減磁特性に優れ、高い信頼性を備える磁気記録再生装置とすることができる。

【0056】特に、上記磁気再生機録装置において、磁気ヘッド27として単磁極ヘッドを用いるならば、磁気ヘッド27と磁気記録媒体25の間に閉磁路が形成されることにより、磁気ヘッド27から磁気記録媒体25への磁束の出入りの効率が著しく向上し、磁気記録媒体25の垂直磁性膜の磁化を強固に固定することができるので、より高密度の記録再生が可能である。

【0057】

【実施例】以下、実施例を用いて本発明の効果を明らかにする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

<実施例1>まず、洗浄済みのガラス基板（オハラ社

製、外径2.5インチ）をDCマグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製 C-3010）の成膜チャンバ内に収容し、到達真空度 $2 \times 10^{-7}$  Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に $86\text{Fe}-9\text{Al}-5\text{Si}$ のターゲットを用いて $100^\circ\text{C}$ 以下の基板温度で60nmの軟磁性層をスパッタリングにより成膜した。続いて、上記軟磁性層上にRuターゲットを用いて分離層を0.8nm形成し、さらに $89\text{Co}-4\text{Zr}-7\text{Nb}$ ターゲットを用いて60nmの軟磁性層を積層形成した。次いで、基板を $200^\circ\text{C}$ まで加熱し、上記軟磁性下地膜上に、 $50\text{Ni}-50\text{Al}$ ターゲットを用いて8nm、Ruターゲットを用いて20nmの積層構造の配向制御膜を形成し、その後、 $62\text{Co}-20\text{Cr}-14\text{Pt}-4\text{B}$ ターゲットを用いて30nmの垂直磁性膜を形成した。尚、上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、圧力0.5Paにて成膜した。次いで、CVD法により5nmのDLCL膜からなる保護膜を形成した。次いで、保護膜6上にパーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜をディップコーティング法により2nm形成した。以上の工程により実施例1の磁気記録媒体を得た。

【0058】<実施例2～6>次に、実施例2～6として、軟磁性層の材料を下表に示す構成とした以外は、上記実施例1と同様の構成、および作製工程にて磁気記録媒体を作製した。

【0059】<比較例1>次に、比較例1として、軟磁性層に非磁壁構造材料を用いなかったこと以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。

<比較例2、3>次に、比較例2、3として、軟磁性下地膜を軟磁性層の単層構造とし、その飽和磁束密度と膜厚の積 $B_s \cdot t$  ( $\text{T} \cdot \text{nm}$ ) がそれぞれ $120$  ( $\text{T} \cdot \text{nm}$ )、 $60$  ( $\text{T} \cdot \text{nm}$ ) となるように、 $89\text{Fe}-9\text{Al}-5\text{Si}$ ターゲットを用いて成膜した以外は上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。

【0060】上記実施例1～6および比較例1～3の磁気記録媒体について、記録再生特性および熱減磁特性の評価を行った。電磁変換特性の評価は、GUZIK社製リードライトアナライザRWA-1632、スピンスランドS1701MPを用いて行った。また、記録再生用のヘッドには単磁極ヘッドを用い、エラーレート測定の線記録密度を $600\text{kFCI}$ とした。また、熱減磁特性の評価は、基板を $70^\circ\text{C}$ に加熱して線記録密度 $50\text{kFCI}$ にて書き込みを行った後、書き込み1秒後の再生出力に対する出力の低下率（%/decade）を、 $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基づいて算出した。この式において $S_0$ は磁気記録媒体に信号記録後1秒経過時の再生出力を示し、 $S$ は1000秒後の再生出力を示す。

【0061】上記の測定結果を表1に示す。表1に示すように本発明の要件を満たす実施例1～6の磁気記録媒

体は、スパイクノイズの発生が無かったのに対して、比較例1の磁気記録媒体ではスパイクノイズが確認され、エラーレートの低下が見られた。また、比較例2、3の磁気記録媒体は、スパイクノイズはみられなかったもの

の、媒体ノイズが大きく、これによるエラーレートの低下がみられた。

【0062】

【表1】

|      | 軟磁性層1(基板側)  |            | 分離層     |        | 軟磁性層2      |            | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|------|-------------|------------|---------|--------|------------|------------|-------------------------------|--------------------|
|      | 材料(at%)     | Bs·t(T·nm) | 材料(at%) | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) |                               |                    |
| 実施例1 | 86Fe9Al5Si  | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例2 | 80Fe10Ta10C | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.9                          | 無し                 |
| 実施例3 | 80Fe10Ta10N | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -6.1                          | 無し                 |
| 実施例4 | 86Fe9Al5Si  | 60         | Ru      | 0.8    | 86Fe9Al5Si | 60         | -5.0                          | 無し                 |
| 実施例5 | 85Fe15C     | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -6.1                          | 無し                 |
| 実施例6 | 75Fe25C     | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -6.2                          | 無し                 |
| 比較例1 | 89Co4Zr7Nb  | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.2                          | 有り                 |
| 比較例2 | 86Fe9Al5Si  | 120        | -       | -      | -          | -          | -2.8                          | 無し                 |
| 比較例3 | 86Fe9Al5Si  | 60         | -       | -      | 89Co4Zr7Nb | 60         | -3.2                          | 無し                 |

【0063】＜実施例7、8＞次に、軟磁性下地膜の分離層を、表2に示す軟磁性材料で構成した以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例7、8の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表2に示す。この表に示すように、

分離層として軟磁性材料を用いた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【0064】

【表2】

|      | 軟磁性層1(基板側)  |            | 分離層         |        | 軟磁性層2      |            | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|------|-------------|------------|-------------|--------|------------|------------|-------------------------------|--------------------|
|      | 材料(at%)     | Bs·t(T·nm) | 材料(at%)     | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) |                               |                    |
| 実施例1 | 86Fe9Al5Si  | 60         | Ru          | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例7 | 86Fe9Al5Si  | 60         | 80Fe10Ta10C | 2      | 89Co4Zr7Nb | 60         | -4.9                          | 無し                 |
| 実施例8 | 80Fe10Ta10N | 60         | 80Fe10Ta10N | 2      | 89Co4Zr7Nb | 60         | -4.9                          | 無し                 |

【0065】＜実施例9＞次に、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設け、配向制御膜側に軟磁性層を設けた2層構造とした以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。表3に軟磁性下地膜の構成を示す。上記実施例9の磁気記録媒体について記録再生特性を評価した。その結果を表3に示す。この表に示す

ように、分離層として軟磁性材料を用いた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートを得られた。

【0066】

【表3】

|      | 軟磁性層1(基板側) |            | 分離層     |        | 軟磁性層2      |            | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|------|------------|------------|---------|--------|------------|------------|-------------------------------|--------------------|
|      | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) | 材料(at%) | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) |                               |                    |
| 実施例1 | 86Fe9Al5Si | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例9 | 89Co4Zr7Nb | 60         | Ru      | 0.8    | 86Fe9Al5Si | 60         | -5.5                          | 無し                 |

【0067】＜実施例10～12＞次に、表4に示すように分離層を構成する材料とその膜厚を変化させた以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例10～12の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表4に示す。この表

に示すように、分離層の材料を変えた場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートを得られた。

【0068】

【表4】

|       | 軟磁性層1(基板側) |            | 分離層     |        | 軟磁性層2      |            | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|-------|------------|------------|---------|--------|------------|------------|-------------------------------|--------------------|
|       | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) | 材料(at%) | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) |                               |                    |
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例10 | 86Fe9Al5Si | 60         | Ir      | 0.3    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -6.3                          | 無し                 |
| 実施例11 | 86Fe9Al5Si | 60         | Rh      | 0.6    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -6.1                          | 無し                 |
| 実施例12 | 86Fe9Al5Si | 60         | Ru15Co  | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |

【0069】＜実施例13～15＞次に、表5に示すように、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設

け、配向制御膜側に他の軟磁性層を設けた構成とし、それぞれの軟磁性層の膜厚を変化させた以外は、上記実施

例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例13～15の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表5に示す。この表に示すように、各軟磁性層の膜厚を変化させた場合も、優れたエラーレ

ートが得られた。

【0070】

【表5】

|       | 軟磁性層1(基板側) |            | 分離層     |        | 軟磁性層2      |            | エラーレート<br>(10 <sup>-5</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|-------|------------|------------|---------|--------|------------|------------|-------------------------------|--------------------|
|       | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) | 材料(at%) | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) |                               |                    |
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例13 | 86Fe9Al5Si | 140        | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 140        | -5.2                          | 無し                 |
| 実施例14 | 86Fe9Al5Si | 200        | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 200        | -4.2                          | 有り                 |
| 実施例15 | 86Fe9Al5Si | 60         | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -5.8                          | 無し                 |

10

【0071】<実施例16、17>次に、軟磁性層の成膜中に基板半径方向の外周向きあるいは中心向きに磁界を印加して、軟磁性層の磁化方向を基板半径方向の外周向きあるいは中心向きとした以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例16、17の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。

その結果を表6に示す。この表に示すように、軟磁性膜の磁化方向を反平行にし、かつ磁化方向を基板半径方向の外周向きあるいは中心向きにした場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【0072】

【表6】

|       | 軟磁性層1(基板側) |            |      | 分離層     |        | 軟磁性層2      |            |      | エラーレート<br>(10 <sup>-5</sup> ) | スパイクノイズ<br>(有/無) |
|-------|------------|------------|------|---------|--------|------------|------------|------|-------------------------------|------------------|
|       | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) | 磁化方向 | 材料(at%) | 厚さ(nm) | 材料(at%)    | Bs·t(T·nm) | 磁化方向 |                               |                  |
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si | 60         | -    | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | -    | -5.8                          | 無し               |
| 実施例16 | 86Fe9Al5Si | 60         | 外周方向 | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | 中心方向 | -6.5                          | 無し               |
| 実施例17 | 86Fe9Al5Si | 60         | 中心方向 | Ru      | 0.8    | 89Co4Zr7Nb | 60         | 外周方向 | -6.5                          | 無し               |

【0073】<実施例18、19>次に、表7に示すように、基板側に非磁壁構造材料を用いた軟磁性層を設け、配向制御膜側に他の軟磁性層を設けた構成とし、上記2つの軟磁性層を異なる膜厚とした以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例18、19の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表7に示す。この表に示すように、2つの軟磁性層の膜厚を互いに異ならしめた場合も、ス

30

スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【0074】

【表7】

40

25

|       | 軟磁性層1(基板側)<br>材料(at%)<br>Bs·t(T·nm) | 分離層<br>材料(at%)<br>厚さ(nm) | 軟磁性層2<br>材料(at%)<br>Bs·t(T·nm) | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>発生(有/無) |
|-------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si<br>60                    | Ru<br>0.8                | 89Co4Zr7Nb<br>60               | -5.8                          | 無し                 |
| 実施例18 | 86Fe9Al5Si<br>30                    | Ru<br>0.8                | 89Co4Zr7Nb<br>90               | -6.1                          | 無し                 |
| 実施例19 | 86Fe9Al5Si<br>90                    | Ru<br>0.8                | 89Co4Zr7Nb<br>30               | -5.2                          | 無し                 |

【0075】＜実施例20～22＞次に、表8に示すように、軟磁性下地膜に含まれる軟磁性層を3層構造とした以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例20～22の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表8に示す。この表に示すように、軟磁性下地膜に含まれる軟磁性層を3層とした場合も、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。

【0076】

【表8】

10

20

30

26

|       | 軟磁性層1(基板側)<br>材料(at%)<br>Bs·t(T·nm) | 分離層1<br>材料(at%)<br>厚さ(nm) | 軟磁性層2<br>材料(at%)<br>Bs·t(T·nm) | 分離層2<br>材料(at%)<br>厚さ(nm) | 軟磁性層3<br>材料(at%)<br>Bs·t(T·nm) | エラーレート<br>(10 <sup>-4</sup> ) | スパイクノイズ<br>(有/無) |
|-------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si<br>60                    | Ru<br>0.8                 | 89Co4Zr7Nb<br>60               | -                         | -                              | -5.8                          | 無し               |
| 実施例20 | 86Fe9Al5Si<br>40                    | Ru<br>0.8                 | 89Co4Zr7Nb<br>40               | Ru<br>0.8                 | 89Co4Zr7Nb<br>40               | -6.4                          | 無し               |
| 実施例21 | 89Co4Zr7Nb<br>40                    | Ru<br>0.8                 | 86Fe9Al5Si<br>40               | Ru<br>0.8                 | 89Co4Zr7Nb<br>40               | -5.8                          | 無し               |
| 実施例22 | 89Co4Zr7Nb<br>40                    | Ru<br>0.8                 | 89Co4Zr7Nb<br>40               | Ru<br>0.8                 | 86Fe9Al5Si<br>40               | -5.8                          | 無し               |

【0077】＜実施例23＞次に、軟磁性下地膜表面を酸化することによる効果を明らかにするために、表9に示す構成の軟磁性下地膜を成膜した後、酸素分圧0.05Paのアルゴン-酸素混合ガス雰囲気下に保持して軟磁性膜の表面を酸化させた以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例23の磁気記録媒体について記録再生特性を評価した。その結果を表9に示す。この表に示すように、軟磁性膜の表面を酸化させた実施例23の磁気記録媒体においても、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートが得られた。これは、酸化処理により軟磁性下地膜表面近傍の磁化の揺らぎが抑えられ、媒体ノイズが低減された効果といえる。

【0078】

【表9】

50



|       | 軟磁性層1(基板側)  |                | 分離層         |            | 軟磁性層2       |                | 表面酸化<br>(有/無) | エラーレート<br>(10 <sup>-x</sup> ) | スパイクノイズ<br>(有/無) |
|-------|-------------|----------------|-------------|------------|-------------|----------------|---------------|-------------------------------|------------------|
|       | 材料<br>(at%) | Bs·t<br>(T·nm) | 材料<br>(at%) | 厚さ<br>(nm) | 材料<br>(at%) | Bs·t<br>(T·nm) |               |                               |                  |
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si  | 60             | Ru          | 0.8        | 89Co4Zr7Nb  | 60             | 無し            | -5.8                          | 無し               |
| 実施例23 | 86Fe9Al5Si  | 60             | Ru          | 0.8        | 89Co4Zr7Nb  | 140            | 有り            | -6.8                          | 無し               |

【0079】＜実施例24＞次に、垂直磁性膜上に磁化安定化膜を形成することによる効果を明らかにするために、垂直磁性膜上に表10に示す組成の磁化安定化膜を成膜した以外は、上記実施例1と同様にして磁気記録媒体を作製した。上記実施例24の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。その結果を表10に示す。この表に示すように、磁化安定化膜を設けた実施例24の磁気記録媒体においても、スパイクノイズは確認されず、優れたエラーレートがえられた。また、耐熱減磁特性も向上した。

【0080】

【表10】

|       | 軟磁性層1(基板側)  | 分離層         | 軟磁性層2       | 磁化安定化膜Bs·t       | 再生出力 | エラーレート              | スパイクノイズ | 耐熱減磁       |
|-------|-------------|-------------|-------------|------------------|------|---------------------|---------|------------|
|       | 材料<br>(at%) | 材料<br>(at%) | 材料<br>(at%) | 化膜Bs·t<br>(T·nm) | (uV) | (10 <sup>-x</sup> ) | (有/無)   | (%/decade) |
| 実施例1  | 86Fe9Al5Si  | Ru          | 89Co4Zr7Nb  | -                | 1650 | -5.8                | 無し      | 0.55       |
| 実施例24 | 86Fe9Al5Si  | Ru          | 89Co4Zr7Nb  | 2.4              | 2010 | -6.2                | 無し      | 0.42       |

【0081】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の磁気記録媒体は、少なくとも軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを順次備え、前記軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなる

構成としたので、軟磁性下地膜の面内に巨大な磁区が形成されるのを防いで、エラーレートを向上させることができる。

【0082】次に、上記の磁気記録媒体において、前記分離層をRu、Rh、Re、Ir、Cuから選ばれる1種又は2種以上の元素から構成し、該分離層の膜厚を、好ましくは0.1nm以上5nm以下の範囲とするならば、前記軟磁性下地膜において反強磁性結合構造を形成することができるので、前記軟磁性層の磁化方向を分離層を挟んで互いに逆向きにすることができる。これにより、軟磁性層内部における巨大な磁区の発生を防止できるとともに、軟磁性層の磁化が相殺されて、軟磁性層に起因する媒体ノイズを低減することができる。

【0083】次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性層一層あたりの飽和磁束密度 $B_s$  (T)と、その膜厚 $t$  (nm)の積 $B_s \cdot t$  (T・nm)を3 (T・nm)以上とするならば、巨大な磁区の形成を抑制してスパイクノイズの発生を抑えた磁気記録媒体とすることができる。

【0084】次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性層の飽和磁束密度を、0.4T以上とするならば、記録再生時に磁気ヘッドと前記軟磁性下地膜との間の閉磁路が十分な磁束密度を有して形成されるので、より強固に垂直磁性膜の磁化を固定して、高密度記録に適した磁気記録媒体とすることができる。

【0085】次に、上記の磁気記録媒体において、前記軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されている構成とするならば、前記軟磁性下地膜上に形成される配向制御膜の結晶粒径を小さくしてノイズを低減することができる。また、軟磁性層の表面の磁化の揺らぎに起因するノイズを抑えることができるので、ノイズ特性に優れる磁気記録媒体が得られる。

【0086】次に、本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性下地膜と、直上に形成される膜の配向性を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板に対して主に垂直に配向した垂直磁性膜とを成膜法により積層形成する磁気記録媒体の製造方法において、前記軟磁性下地膜が、軟磁

性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層を有する多層構造をなしており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなる構成としたので、巨大な磁区の生成を防止して、スパイクノイズを抑制した磁気記録媒体を容易に製造することができる。

【0087】次に、本発明の磁気記録再生装置は、少なくとも非磁性基板と、軟磁性下地膜と、直上の膜の配向を制御するための配向制御膜と、磁化容易軸が前記非磁性基板と主に垂直に配向した垂直磁性膜とを有する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体の軟磁性下地膜が、軟磁性材料からなる複数の軟磁性層と、該軟磁性層の間に挟まれた1層以上の分離層とを有する多層構造を成しており、前記軟磁性層のうち少なくとも1層以上が非磁壁構造材料からなる構成としたので、スパイクノイズによるエラーレート低下を防止して高密度の情報の記録再生が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明の第1の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図2】 図2は、一般的な単磁極ヘッドの側面模式図である。

【図3】 図3(A)、図3(B)は、図1に示す磁気記録媒体の要部を拡大して示す部分断面構成図である。

【図4】 図4は、本発明の第2の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図5】 図5は、本発明の第2の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

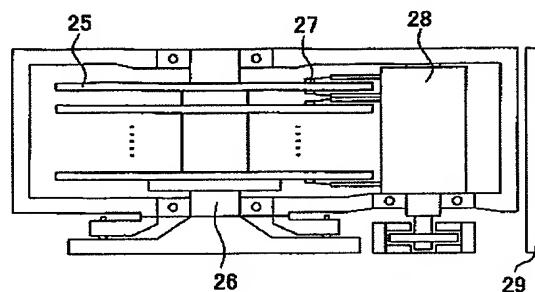
【図6】 図6は、本発明の第3の実施形態である磁気記録媒体の断面構造を模式的に示す図である。

【図7】 図7は、本発明の磁気記録再生装置の構成の一例を示す断面構成図である。

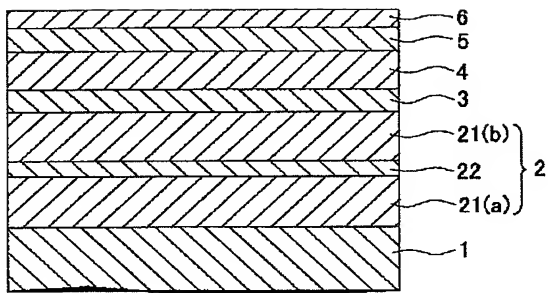
#### 【符号の説明】

1・・・(非磁性)基板、2・・・軟磁性下地膜、21・・・軟磁性層、22・・・分離層、3・・・配向制御膜、4・・・垂直磁性膜

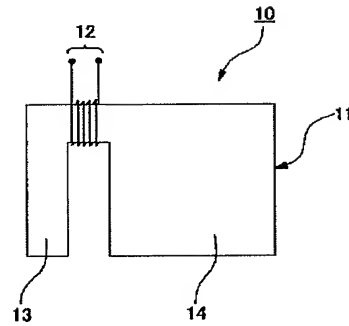
【図7】



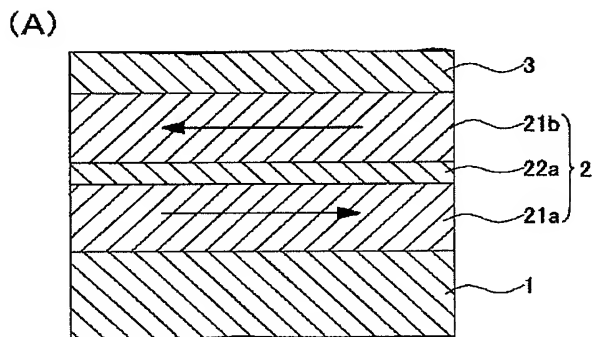
【図1】



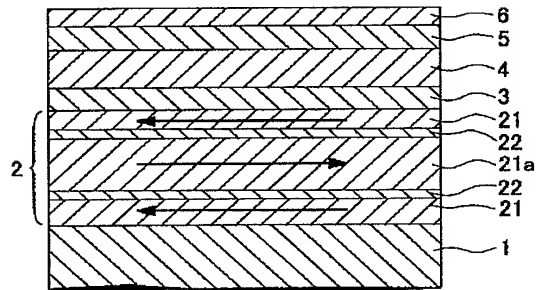
【図2】



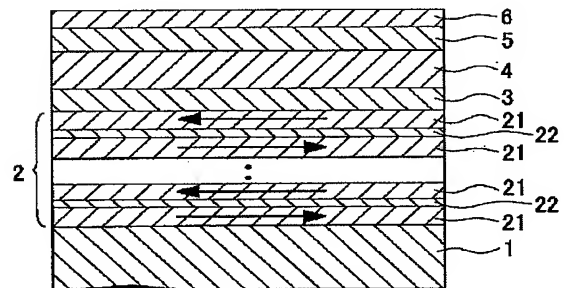
【図3】



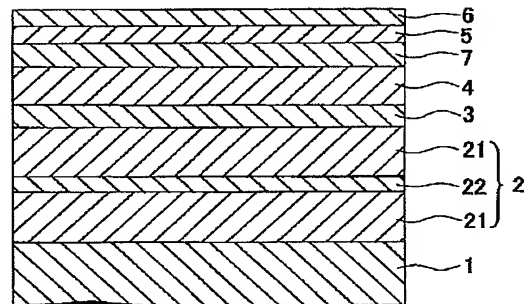
【図4】



【図5】



【図6】



## フロントページの続き

(72)発明者 酒井 浩志  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(72)発明者 彦坂 和志  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町工場内

(72)発明者 中村 太  
神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町工場内  
Fターム(参考) 5D006 BB08 CA03 CA06 DA03 FA09  
5D112 AA04 AA24 BD03 FA04 FB06